



## [12] 发明专利申请公开说明书

[21]申请号 94108421.3

[51]Int.Cl<sup>6</sup>

B66C 13/48

[43]公开日 1995年8月23日

[22]申请日 94.7.22

[71]申请人 中国水利水电长江葛洲坝工程局施工科  
研所

地址 443002湖北省宜昌市樵湖二路8号

[72]发明人 毛义永 陈宏 陈玉宇  
夏熙谦 喻俊杰[74]专利代理机构 宜昌市专利事务所  
代理人 王凡彬

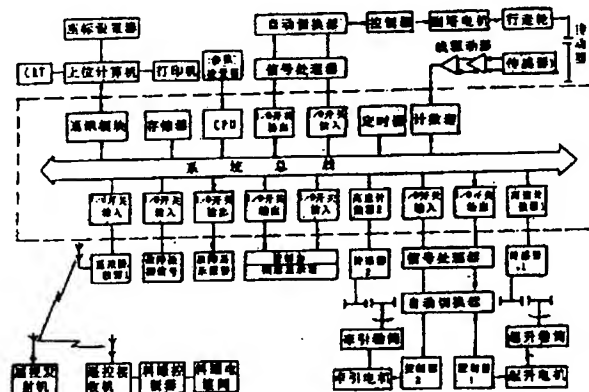
说明书页数:

附图页数:

[54]发明名称 缆索起重机系统计算机控制方法

[57]摘要

本发明涉及一种微机控制缆索起重机系统的方法,该系统主要有上位计算机、PLC、自控设备、自动检测设备等组成,PLC以一定的程序自动控制缆机的升降、牵引、副塔运动,用自动检测设备取来的距离信号,控制换挡调速、复合运动,限位直至吊钩准确定位。运输过程由上位计算机进行监测。微机控制缆机自动垂直运输、定点下料;仓面遥控卸料和遥控回程起步;对缆机运行和施工部分现场实时监测。它适用于野外的恶劣环境,可靠性高,适用于高拱坝缆机施工机械。



# 权 利 要 求 书

---

1、一种对包括有缆索起重机及其连接设备、信号检测装置、数据处理装置、显示和打印装置、控制装置及执行机构所构成的缆索起重机系统进行计算机控制的方法，其特征在于采用如下的控制步骤：

开机后，由选择开关选择进入可编程序控制器PLC控制系统或进入原机系统；

进入原机系统，则由自动切换器切换至原机系统，此时缆机由原机系统司机手动操作控制；

由选择开关选择PLC则进入PLC控制系统，此时接通系统电源，使吊罐处于装料平台位置，判断电源、吊罐位置是否满足条件，若不满足，则调整，由上位计算机进行座标运行参数设置；

若条件满足，则进入初始化程序，包括对检测起升、牵引、副塔机构的动力电源和控制电源是否投入，检测起升、牵引机构的高压电机是否已运转，检测公用部分控制电源是否合上，并使各机构输出复位，PLC中内部继电器、计时器、计数器复位；

初始化完成后，进入自动操作，首先发出自动启动信号，设置卸料点座标参数X、Y及高程Z、料罐数量，同时计算起升、牵引、副塔运距；通过PLC传输给上位计算机的缆机运行数据在显示器上动态显示缆机的运行轨迹；将运行轨迹分为平台O、A、B、C、D、E、F、仓位G；

缆机起升启动，并加速运行，判断是否到达A点，若没到达，继续加速，否则升减速；

若升限位保护信号动作，则起升报警，保护动作，升停车，  
然后切换至手动操作；

起升机构上升至A位的同时，启动牵引机构加速运行；

判断是否到达B位，若没到达，继续加速，否则牵引机构停止加速，匀速运行；

判断是否到达C位，若没到达，继续匀速运行，否则牵引减速运行；

判断是否出现牵引限位信号动作，若牵引限位信号动作，则副塔侧牵引报警，并保护动作，牵引停车，然后切换至手动操作；

若不出现牵引限位信号，判断是否降至D位，若没到达D位，继续降加速运行；降至D位时，匀速运行；到达E位时，降减速；到达F位时，降停车；

缆机到达F位时，判断副塔是否到位，未到位则运行副塔；若副塔到位，副塔停止动作，进入降启动。

副塔运行时，判断副塔是否出现限位信号，若限位动作，则副塔报警，出现保护动作，副塔停车，进入手动操作状态；若副塔到位，则副塔停止动作，进入降启动；

起升降启动并低速运行，判断是否到达G位，若未到达G位，继续运行；若到达G位，缆机停车，等待卸料；

判断是否遥控卸料或手动卸料，并同时卸料；

卸料后，回程启动，缆机上升启动并加速运行；

判断是否到达D位，若不是，继续上升，若是，缆机升减速，

同时判断是否到位，升到位后升停车，

在缆机上升至D位的同时，牵引回程L=0启动，牵引运行，加速运行至C位时，牵引匀速运行，到B位时，牵引减速，运行至A位时，牵引停车等待，

在牵引回程运行至B位的同时，缆机降启动，加速运行至A位时，降减速运行，

判断是否到0位，若不是，继续降减速，若到0位，降停车，等待装料进行下一罐砼自动浇筑运行。

2、根据权利要求1所述的对缆索起重机系统进行计算机控制的方法，其特征在于上位计算机进行座标运行参数设置采用了如下的步骤：

上位计算机启动后，进入封面函数，该函数描述系统的名称，设计单位，

进入口令管理，以阻止外系统人员进入本系统，若口令回答正确，进入主菜单，并可由F1键重新热启动，F2键退出系统到DOS，

主菜单设置以下子菜单：

值班登记：登记当班日期、时间、班号、仓号、浇筑序号，

座标设置：设置浇筑点序号、座标值X、Y，浇筑罐数及修改座标序号、浇筑点，根据仓位高程，输入座标值，计算出起升距离、牵引距离、装料位置、副塔距离、加速度、复合运动距离，

高程修正：显示各坝段高程，并进行修改，

报表打印：显示打印目录，选择、显示报表内容，打印报表，

存盘选择: 根据用户需要, 可将报表存入软盘;

监控: 显示动态监控画面, 控制参数计算及反计算、PLC的通讯、运动参数记录、保存、报警、指示; F10键回到主菜单, F1键重新热启动, F2键退出本系统到DOS;

3、根据权利要求1所述的对缆索起重机系统进行计算机控制的方法, 其特征在于吊罐运行轨迹为: 平台至A位为升加速区, A位至B位为升减速及牵引加速区, B位至C位为牵引匀速运行区, C位至D位为牵引减速、降加速区, D位至E位为以D点末速匀速运行区, E位至F位为降减速区, F位至G位即仓位为副塔自动运行、料罐低速运行区; 返回时G位至D位为升加速区, D至C位为升减速、牵引加速区, C位至B位为牵引匀速运行, B位至A位为牵引减速、降加速运行, A位至平台降减速运行。

4、一种用权利要求1所述的方法进行控制的缆索起重机控制系统, 其特征在于它包括可编程序控制器PLC, PLC内设置微处理器CPU、存储器、通讯模块、计数器、I/O开关输入输出模块; 自动切换器; 信号处理器; 无线电遥控器; 上位计算机组成; 上位计算机与PLC的通讯模块连接; 传感器与PLC内的高速计数器连接, 计数器将传感器送来的距离脉冲信号进行计数和处理, 并由CPU处理; 与PLC连接的信号处理器, 将输入I/O、输出I/O点的信号进行变换放大处理, 通过自动切换器, 控制牵引、起升电机及副塔运行。

# 说明书

---

## 缆索起重机系统计算机控制方法

本发明属于缆索起重机系统控制领域，分类号B66C13/00。

目前国内、外缆索起重机的控制系统均采用接触器、继电器组成的机电控制系统，以时间顺序控制，由操作者视吊钩进行人工手动换档调速，人工手动操作运行，整个运行中操作者要高度集中，与操作者熟练程度、运输快慢影响极大。近年来美国在人工手动操作的基础上，增加了无线电遥控操作缆机，但目前其可靠性低、德国在原手动的基础上增加了无线电遥控和有线遥控的操作缆机的方式，但无线和有线遥控均要工人视吊钩运行而操作。

本发明的目的是提供一种对缆索起重机系统进行计算机控制的方法，微机控制缆机自动垂直运输、定点下料；仓面遥控卸料和遥控回程起步；对缆机运行和施工部分现场进行实时监测，可靠性高，适于野外恶劣环境工作。

本发明的内容是这样实现的：一种对包括有缆索起重机及其连接设备、信号检测装置、数据处理装置、显示和打印装置、控制装置及执行机构所构成的缆索起重机系统进行计算机控制的方法，其特征在于采用如下的控制步骤：

开机后，由选择开关选择进入可编程序控制器PLC控制系统或进入原机系统；

进入原机系统，则由自动切换器切换至原机系统，此时缆机由原机系统司机手动操作控制；

由选择开关选择PLC则进入PLC控制系统，此时接通系统电源，使吊罐处于装料平台位置；判断电源、吊罐位置是否满足条件，若不满足，则调整，由上位计算机进行座标运行参数设置；

若条件满足，则进入初始化程序，包括对检测起升、牵引、副塔机构的动力电源和控制电源是否投入，检测起升、牵引机构的高压电机是否已运转，检测公用部分控制电源是否合上，并使各机构输出复位，PLC中内部继电器、计时器、计数器复位；

初始化完成后，进入自动操作，首先发出自动启动信号，设置卸料点座标参数X、Y及高程Z、料罐数量，同时计算起升、牵引、副塔运距；通过PLC传输给上位计算机的缆机运行数据在显示器上动态显示缆机的运行轨迹；将运行轨迹分为平台O、A、B、C、D、E、F、仓位G；

缆机起升启动，并加速运行，判断是否到达A点，若没到达，继续加速，否则升减速；

若升限位保护信号动作，则起升报警，保护动作，升停车，然后切换至手动操作；

起升机构上升至A位的同时，启动牵引机构加速运行；

判断是否到达B位，若没到达，继续加速，否则牵引机构停止加速，匀速运行；

判断是否到达C位，若没到达，继续匀速运行，否则牵引减

速运行；

判断是否出现牵引限位信号动作，若牵引限位信号动作，则副塔侧牵引报警，并保护动作，牵引停车，然后切换至手动操作；

若不出现牵引限位信号，判断是否降至D位，继续降加速运行，降至D位时，匀速运行；到达E位时，降减速；到达F位时，降停车；

缆机到达F位时，判断副塔是否到位，未到位则运行副塔；若副塔到位副塔停止动作，进入降启动。

副塔运行时，判断副塔是否出现限位信号，若限位动作，则副塔报警，出现保护动作，副塔停车，进入手动操作状态；若副塔到位，则副塔停止动作，进入降启动；

起升降启动并低速运行，判断是否到达G位，若未到达G位，继续运行；若到达G位，缆机停车，等待卸料；

判断是否遥控卸料或手动卸料，并同时卸料；

卸料后，回程启动，缆机上升启动并加速运行；

判断是否到达D位，若不是，继续上升，若是，缆机升减速，同时判断是否到位，升到位后升停车；

在缆机上升至D位的同时，牵引回程L=0启动，牵引运行，加速运行至C位时，牵引匀速运行，到B位时，牵引减速，运行至A位时，牵引停车等待；

在牵引回程运行至B位的同时，缆机降启动，加速运行至A位时，降减速运行；



判断是否到0位，若不是，继续降减速，若到0位，降停车，等待装料进行下一罐砼自动浇筑运行。

上位计算机进行座标运行参数设置采用了如下的步骤：

上位计算机启动后，进入封面函数，该函数描述系统的名称，设计单位，

进入口令管理，以阻止外系统人员进入本系统；若口令回答正确，进入主菜单，并可由F1键重新热启动，F2键退出系统到DOS，

主菜单设置以下子菜单：

值班登记：登记当班日期、时间、班号、仓号、浇筑序号；

座标设置：设置浇筑点序号、座标值X、Y，浇筑罐数及修改座标序号、浇筑点；根据仓位高程，输入座标值，计算出起升距离、牵引距离、装料位置、副塔距离、加速度、复合运动距离；

高程修正：显示各坝段高程，并进行修改；

报表打印：显示打印目录，选择、显示报表内容，打印报表；

存盘选择：根据用户需要，可将报表存入软盘；

监控：显示动态监控画面，控制参数计算及反计算、PLC的通讯、运动参数记录、保存、报警、指示；F10键回到主菜单，F1键重新热启动，F2键退出本系统到DOS；

吊罐运行轨迹为：平台至A位为升加速区，A位至B位为升减速及牵引加速区，B位至C位为牵引匀速运行区，C位至D位为牵引减速、降加速区，D位至E位为以D点末速匀速运行区，E位至F位为降减速区，F位至G位即仓位为副塔自动运行、料罐低速运行区；

返回时G位至D位为升加速区，D至C位为升减速、牵引加速区，C位至B位为牵引匀速运行，B位至A位为牵引减速、降加速运行，A位至平台降减速运行。

缆索起重机控制系统，它包括可编程序控制器PLC，PLC内设置微处理器CPU、存储器、通讯模块、计数器、I/O开关输入输出模，自动切换器，信号处理器，无线电遥控器，上位计算机组成，上位计算机与PLC的通讯模块连接；传感器与PLC内的高速计数器连接，计数器将传感器送来的距离脉冲信号进行计数和处理，并由CPU处理，与PLC连接的信号处理器，将输入I/O、输出I/O点的信号进行变换放大处理，通过自动切换器，控制牵引、起升电机及副塔运行。

由于采用微机自动控制缆机，减少了运输循环的时间环节之间的转换及其传递时间、卸料时间，故运输速度比人工操作快64%以上，在装料、各卸料部位省去信号工和卸料工，节省人力50%。同时提高了砼浇筑质量。本系统使用图、数显示，自动运输，在大雾天、夜间或在地势狭窄、高深狭谷地段，兴建高拱坝，操作人员不能直视运输吊钩的情况下，仍能安全、高速可靠运输，实现垂直运输、定点下料、仓面遥控卸料的自动运输过程。

下面结合附图和实施例对本发明作进一步描述。

图1是缆机自动控制系统原理框图。

图2是大坝的俯视图。

图3是大坝的立面剖视图。

图4 是接收机原理方框图。

图5 是发射机原理方框图。

图6 是计算机控制的主程序流程图。

图7 是上位机软件主框图。

图8 是座标设置程序。

图9 是监控原理框图。

图10 是报表打印程序框图。

图11 是系统自动调速时序图。

图12 是吊罐运行轨迹图。

图13 是吊罐运行轨迹各点运行速度。

图14 是仓面卸料点。

图15 是仓面卸料点。

图16 是重载向卸料点运行的牵引复合运动图，0点至A点。

图17 是重载向卸料点运行的牵引复合运动图，A点至B点。

图18 是重载向卸料点运行的牵引复合运动图，B点至C点。

图19 是空载返回起升复合运动图，D点。

图20 是空载返回起升复合运动图，D点至E点。

图21 是空载返回起升复合运动图，E点。

系统的硬件原理方框图如图1，PLC采用模块化结构，其余部分大多是整件结构。PLC能进行逻辑运算、顺序控制、位置控制、数据采集和控制、定时、计数和算术操作，并通过数字式或模拟式输入、输出控制缆机的各种运行和运输的自动过程。

CPU是中央微型处理器，根据提供的逻辑作出判断，然后输出到控制系统的驱动端口，同时CPU能进行内部工作检查，确保其可靠的工作。

输入、输出I/O模块采用晶体管型和继电器型。输入I/O部件是将输入信号加以滤波消除干扰，并验证电平，使外部信号转换成CPU可以接受的信号，外部输入开关、按钮、限位器、继电器和接触器等部件来的信号，直接或经信号处理后接到输入I/O点，经其处理后送到CPU。输出I/O点按逻辑控制顺序直接或经信号处理后送到被控设备，如缆机的接触器线圈、指示灯、电笛等，根据需要本控制系统设置了起升、牵引、副塔行走、起动、调速、停、遥控、手动、故障、监测、通讯等I/O点。

为了实现吊罐运行座标数值显示准确、可靠而专门设置了高速计数器，它将传感器送来的距离脉冲信号进行计数和处理，以供CPU使用。信号传送距离经线驱动器输出达400米以上。

为了保留原机械手动操作和本控制系统自动控制操作进行自动切换而设置自动切换器，带动负载能力为直流220V，0.5A，动作延长在20MS以内。

信号处理器是分别将输入I/O、输出I/O信号进行变换处理，其变换的信号能与输入、输出被控设备中的继电器、接触器的线圈、触点、接近开关、限位开关等信号直接相接，使被控设备、控制台等与PLC有良好的匹配，从而保证系统的可靠性高、寿命长。

无线电遥控器由发射机和接收机两大部分组成，如图3、图4。发射机遥控距离400米，为手持型。接收机分为料罐接收机和主控操作室接收机，分别设置在料罐和操作室控制柜内。遥控发射机是遥控和调频、调幅的多功能无线电发射机，共有十二个信道，其中两个信道供遥控卸料和计数，其余信道用作对缆机的全方位遥控操作，无线电遥控器设计时，采用抗环境干扰和人为无线电同频或邻频干扰电路，保证设备的运行安全、可靠。

上位计算机包括计算机、彩色显示器CRT、键盘和打印机，计算机与PLC的通讯，通过RS-232C或RS-422串行通讯协议来进行数据交换。

上位计算机对自动控制过程进行实时监测和打印各种报表，显示器实时显示规定画面、打印机打印规定报表。

显示画面上显示的有吊罐的运行轨迹、缆机主要设备运行的工艺流程图，大坝的视面图和三个窗口。

第一个窗口显示：日历(年 月 日 时 分)、班号、正在浇筑的仓位号、本班浇筑方量。

第二个窗口显示：吊罐位置的三个座标值(当前值)。

第三个窗口显示：故障报警信号。

打印机用针式打印机。随时由工人招唤打印各种管理报表。本系统中要求打印的报表有班、日、月和年报表。

其格式如下：

班报表 班号

年 月 日

序号	罐数	方量( $m^3$ )	仓位	高程(m)
1				
2				
合计				

日报表

年 月 日

班号	罐数	方量( $m^3$ )
1		
2		
3		
合计		

月报表和年报表与日报表相同，这里不再重述。故障打印表格式：

发生时间	故障内容	故障部位

编程器是PLC的一个重要的外设部件，是指令编程器，用来输入用户的专用逻辑，对PLC执行程序进行在线监测，对程序进行调试及各种参数的设定。它可以联到CPU上，也可拿下来，不影响CPU工作。

控制台、参数设置器是为了便于试验、调试或不宜使用自动状态工作时，而使用手动操作和调速而设置。在实际运行中，由于卸料仓位及卸料点不固定，可借助操作台的参数设置器来修改参数。本控制台根据系统设计的需要安装28个按钮、开关等，另外还设计三个四位数的参数设置器。

传感器分别装于起升卷筒、牵引卷筒、副塔行走轮轴上，并将其各自的转数记下来，送到PLC的高速计数器。若将每一个卷筒或轮的圆周均分成200等分，而每个等分给出一个信号，可以推算出每一等分的信号代表该卷筒或轮周的弧长，利用此传感器将起升、牵引、副塔运行的距离准确地测出，其精度可达到厘米、毫米级。系统中设计的自动调速时序图如图11所示。

料罐立式6立方米，卧式6立方米，吊装砣用。

水电站筑高砣坝工地及其用缆索起重机运砣施工布置图如图2、图3所示。 $O'$ 为缆机固定塔顶点，即为承载索 $O'F$ 的一个固定点， $\overline{L_1L_2}$ 为以 $O$ 为圆心的圆弧，活动塔(副塔)在其上作往返运动。副塔顶 $F$ 为承载索的另一个固定点。 $T_1T_2$ 为装料平台。在卸料区域内任选一点 $P_i$ ， $i=A, B, C, \dots$ ，为卸料点。当卸料点设定后，在 $T_1T_2$ 和 $\overline{L_1L_2}$ 上对应点 $T_i$ 和 $L_i$ (副塔在 $\overline{L_1L_2}$ 上位置)及 $P_i'$

PI 也同时被唯一确定。料罐G置T<sub>1</sub>T<sub>2</sub>上对应点T<sub>1</sub>装满后,提升至K<sub>1</sub>(m)后沿F<sub>0</sub>'运行至PI'后下降,最终达到指定卸料区内PI卸料点。然后料罐返回平台,卸料区随着卸料量的增加而升高。

为了实现自动控制吊罐运行,将三个方向的运距离分别划分为若干个档速区段如六区段,每一个档速区段内再分为加速段、匀速段、减速段。PI设定,则与此对应的升降、牵引、副塔运距的档区也相应设定。

与PI对应的吊罐升降、牵引、副塔,根据如下公式计算出运距。

设在卸料区内卸料点PI(X<sub>0</sub>, Y<sub>0</sub>, Z<sub>0</sub>), 承载索O'F的斜率为K=(Y<sub>0</sub>-Y<sub>0</sub>')/(X<sub>0</sub>-X<sub>0</sub>'), T<sub>1</sub>T<sub>2</sub>直线斜率K<sub>1</sub>=(Y<sub>T2</sub>-Y<sub>T1</sub>)/(X<sub>T2</sub>-X<sub>T1</sub>)

由T<sub>1</sub>T<sub>2</sub>、O'T<sub>1</sub>所在直线方程可求出T<sub>1</sub>点座标:

$$X_{T1} = \frac{K_1 X_{T2} - Y_{T2} + Y_0' - K X_0'}{k_1 - k}$$

$$Y_{T1} = \frac{k_1}{K_1 - K} (Y_0' - \frac{K}{k_1} Y_{T2} + K X_{T1} - K X_0')$$

直线O'T<sub>1</sub>与以O为圆心 OL<sub>2</sub> 为半径的圆交点F<sub>1</sub>座标:

$$X_{F1} = \frac{2K^2 x_0' - 2K(y_0' - y_0) + 2x_0 - \sqrt{4[R^2 - (x_0 - x_0')^2]K^2 + 8(y_0' - y_0)(x_0 - x_0)K + 4[R^2 - (y_0' - y_0)^2]}}{2 + 2K^2}$$

$$Y_{F1} = \frac{2y_0'K^2 + 2(x_0 - x_0')K + 2y_0 - \sqrt{4[R^2 - (x_0 - x_0')^2]K^2 + 8(y_0' - y_0)(x_0 - x_0)K + 4[R^2 - (y_0' - y_0)^2]}}{2 + 2K^2}$$



1.  $L_1$  弧长  $F_1(X_0, Y_0, Z_0)$  的表达式  $\beta = \frac{Y_{Fi} - Y_0}{X_{Fi} - X_0}$

$$F_L = R \arctg \beta = R \arctg \frac{Y_{Fi} - Y_0}{X_{Fi} - X_0} \quad (1)$$

2. 卸料点至固定塔顶点的牵引距离  $OP_1 = F_q(X_0, Y_0, Z_0)$ :

$$F_q(x_0, y_0, z_0) = \frac{\sqrt{(x_{0'} - x_{Fi})^2 + (y_{0'} - y_{Fi})^2 + (z_{0'} - z_{Fi})^2} \cdot \sqrt{(x_{0'} - x_0)^2 + (y_{0'} - y_0)^2}}{\sqrt{(x_{0'} - x_{Fi})^2 + (y_{0'} - y_{Fi})^2}} \quad (2)$$

3. 固定塔顶至平台的牵引距离  $OT_1 = F_p(X_0, Y_0, Z_0)$ :

$$F_p(x_0, y_0, z_0) = \frac{\sqrt{(x_{0'} - x_{Fi})^2 + (y_{0'} - y_{Fi})^2 + (z_{0'} - z_{Fi})^2} \cdot \sqrt{(x_{0'} - x_{Ti})^2 + (y_{0'} - y_{Ti})^2}}{\sqrt{(x_{0'} - x_{Fi})^2 + (y_{0'} - y_{Fi})^2}} \quad (3)$$

4.  $OT_1 = F_r(X_0, Y_0, Z_0)$ :

$$F_r = \sqrt{(x_{0'} - x_{Fi})^2 + (y_{0'} - y_{Fi})^2 + (z_{0'} - z_{Fi})^2} \quad (4)$$

5.  $P_1P_1' = F_s(X_0, Y_0, Z_0)$ :

$$F_s(x_0, y_0, z_0) = \frac{3\sqrt{(x_{0'} - x_0)^2 + (y_{0'} - y_0)^2}}{\sqrt{(x_{0'} - x_{Fi})^2 + (y_{0'} - y_{Fi})^2}} + (z_{0'} - z_0) \quad (5)$$

6.  $T_1P_1' = F_{ps}(X_0, Y_0, Z_0)$ :

$$F_{ps}(x_0, y_0, z_0) = \frac{3\sqrt{(x_{0'} - x_{Ti})^2 + (y_{0'} - y_{Ti})^2}}{\sqrt{(x_{0'} - x_{Fi})^2 + (y_{0'} - y_{Fi})^2}} + (z_{0'} - z_0) \quad (6)$$

上述公式中:  $O$ 、 $O'$ 、 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $L_1$ 、 $L_2$  的座标值及  $F$  的高程  $Z_f$ ，根据大坝施工工地的设计而设置，不同的大坝其值不同。

复合运动距离计算公式、条件及变量  $S_q$ 、 $S_s$  的取值范围详见图16、17、18、19、20、21，其中图16、17、18所示为牵引复合运动，图19、20、21所示为起升复合运动。

公式和图中各参数的初始值，可根据大坝施工工地而设置。各参数间关系如下:

$$S_{q0} < S_{q1} < S_{q2}, S_{s0} < S_{s1} < S_{s2}, B > A, C > B, E > D$$

图16、17、18中,  $S_q$  是理论牵引距离, 单位米, 下同,  $S_s$  是起升运行距离, 单位米,  $S_{qf}$  是牵引复行距, 即在  $S_q$  上, 从复合运动开始至终点距离(理论值)

$$\text{图17中} \quad \begin{cases} S_{qf1} = \frac{S_q - S_{q0}}{S_{q1} - S_{q0}} (B' - A') + A' & <7> \\ S_{qf2} = \frac{S_s - S_{s1}}{S_{s2} - S_{s1}} (B' - A') + A' & <8> \end{cases}$$

$S_{qf}$  取  $S_{qf1}$ 、 $S_{qf2}$  中小值。

$$\text{图18中} \quad \begin{cases} S_{qf1} = \frac{S_q - S_{q1}}{S_{q2} - S_{q1}} (C' - B') + B' & <9> \\ S_{qf2} = \frac{S_s - S_{s1}}{S_{s2} - S_{s1}} (C' - B') + B' & <10> \end{cases}$$

$S_{qf}$  取  $S_{qf1}$ 、 $S_{qf2}$  中小值。

图19、20、21中,  $S_q$  是理论牵引距离,  $S_s$  是起升运行距离,  $S_{sf}$  是起升复合运行距离, 即在  $S_s$  上, 从复合运动开始至终点距离。

$$\text{图20中} \quad \begin{cases} S_{sf1} = \frac{S_q - S_{q1}}{S_{q2} - S_{q1}} (E' - D') + D' & <11> \\ S_{sf2} = \frac{S_s - S_{s0}}{S_{s1} - S_{s0}} (E' - D') + D' & <12> \end{cases}$$

一、自动状态的运输过程:

1、将卸料点的座标输入与计算。

将卸料区内卸料点  $P_i$ , 如A、B、C、... 的座标X、Y、Z值及每一点的卸料罐数  $N_i$  如  $N_A$ 、 $N_B$ 、 $N_C$ ... 依次分别从座标设置器输入到上位计算机。上位计算机根据前述公式(1)、(2)、(3)、(4)、(5)、(6)式计算出每个卸料点的  $F_l$ 、 $F_q$ 、 $F_p$ 、 $F_r$ 、 $F_s$ 、 $F_{ps}$ 。还计算出牵引运行距离  $S_{qy} = S_q$  其中  $S_q = F_p - F_q$ , 为与涨力、温度等有关的垂度系数, 卸料点升降运距  $S_s = F_s - Z_c$ , 而  $Z_c$  为与卸料点对应的垂度值, 平台升降运距  $S_{ps} = F_{ps} - Z_{pc}$ , 而  $Z_{pc}$  为与平台对应处

垂度。

根据(7)、(8)、(9)、(10)、(11)、(12)式及图16至21计算出牵引、起升复合运行距离 $S_{qf}$ 、 $S_{sf}$ 。

各点的 $F_1$ 、 $S_{qv}$ 、 $S_s$ 、 $S_{ps}$ 、 $S_{qf}$ 、 $S_{sf}$ 分两路输出：

其一输给CRT供其显，其二输给通讯模块，由PLC的CPU进行判断、处理、计算出各点起升、牵引、副塔应运行的档区。从而计算出各自的加速段、匀速段、减速段距，以此作为相应的基准值储存到相应的寄存器。

## 2、启动、运输过程：

在控制台按“启动”或按遥控发射机的启动键后，则控制信号由控制台或遥控接收机I送给PLC相应的I/O开关输入点，PLC被启动。PLC依程序，将 $S_s$ 、 $S_{ps}$ 、 $S_{sf}$ 信号送给信号处理器进行变换，放大之后经自动切换器送给起升控制器，驱动起升电机。同理， $S_{qv}$ 、 $S_{qf}$ 信号和 $F_1$ 信号分别经过相应的电路处理后驱动牵引电机和副塔电机。动作的顺序：吊钩起升→走副塔→牵引→下降→自动定位到PI点→停。运行过程中，牵引、升降、副塔分别根据设定的档区段、加速段、匀速段、减速段进行加速、减速和换档，并且是自动完成的。升降和牵引依据上述复合运行条件及其计算值进行复合运行。起升卷筒、牵引卷筒和副塔行走轮分别由其电机带动而转动。此转动经传动机构带动相应的传感器1、2、3。传感器将上述卷筒或行走轮转的弧长，经过光、电转换之后变为电信号即脉冲信号。此起升、牵引脉冲信号分别送高速计数

器1、2，副塔传感器的脉冲信号经线驱动器后送给计数器，各自进行计数。此脉冲数代表距离，此脉冲控制的时序如图11所示。传感器来的距离信号在PLC内，分别与相应的起升、牵引、副塔运距及其加速段、匀速段、减速段、复合运距存储值为基准进行比较。按设置，将比较的结果送出控制信号，用于实时控制相应电机，从而实现了缆机自动控制吊钩运行。此外，三个传感器来的脉冲数，经通讯模块送给上位计算机实时驱动如图12所示吊罐运行轨迹、图13所示数据及起升、牵引、副塔运行的现在值及其速度值，使其实现图、数在CRT上显示。

### 3、遥控卸料:

吊钩带料罐自动运输到预定点(如A)停。这时操作无线电遥控自动发射机的卸料键，发出卸料信号。接收机Ⅱ将此信号变换处理、放大之后，控制电液阀，找开料罐门，卸料。完成卸料之后，再次重复上述操作，方可使料罐关门。上述遥控发射机的开门、关门信号同时被遥控接收机Ⅱ接收，被PLC用来对卸料的计数和控制台上“卸料”、“关门”信号的显示与否。使控制室掌握卸料情况。

### 4、遥控回程:

当料罐关门之后，操纵遥控发射机或控制台的“回程”按钮，则料罐空载自动按满载向卸料点(如A)运输的逆过程，自动返回到装料平台，自动稳定停到装料点。回程与正运行不同的是不再走副塔。逆运行的过程中，三个传感器的作用与正运行一样。

至此完成了一次自动运输的全过程。重载和空载运输过程中的各种参数、图、报表如班明细表、日报表、月报表、年报表、报警等被上位计算机自动记录、储存，同时被CRT显示。

#### 5、自动换点:

在卸料点(如A)卸料第 $N_A$ 次，则料罐回程升至某一高度(如9米)时停，走副塔、牵引和自动下降，自动换点如找新点B。之后的运输过程如同对A点运输一样，不再重述。

#### 6、运输停:

当设置的座标点全部运输卸料完成之后，缆机自动停机。

#### 二、遥控状态运输:

控制台上工作状态开关置“遥控”，CRT上显示“遥控”字样。缆机进行遥控状态。此时，操作无线电遥控发射机上起升、牵引、副塔运行和换档信号。由无线电遥控接收机I接收。经处理后，输给PLC，控制缆机运行、其控制过程同自动状态。

在此状态下，操作人员带手持无线电遥控发射机，可以到最方便的地方如装料平台、卸料仓或控制室操作，控制缆机运行。

#### 三、手动状态运输:

控制台上工作状态置“手动”。人操纵控制台的起升、牵引、副塔控制杆，经过PLC控制缆机运行。

#### 四、原机状态运输:

控制台上工作状态置“原机”，则此时切换器自动将原机的操纵控制信号接入缆机控制器，同时断开其它三个工作状态控制。

自动、遥控、手动、原机状态，起升、牵引、副塔运行的档速被控制台档速显示和CRT显示。

上位计算机的主要软件包括：

- 1、主菜单。
- 2、主画面显示。
  - (1)运动的动画显示；
  - (2)固定点的动画显示；
  - (3)数字显示；
  - (4)地形显示；
  - (5)开窗口；
  - (6)料罐不同状态显示；
  - (7)报警显示；
  - (8)日历显示。
- 3、子菜单。
- 4、单个画面显示。
- 5、打印报表。
- 6、仓位号的设置。
- 7、PC与PLC通讯。

在实施例中，图12是吊罐运行轨迹图。

缆机吊罐在装料平台装好砣，在自动工作状态下，起动之后，吊罐由PLC控制缆机操纵执行：0点起升——加速至A位（如设置为距平台8m）时，升开始减速，与此同时牵引开始向卸料仓位方向

运行并加速。当吊罐运行至B位(设置距A点高5m时)上升停止,牵引由加速转为匀速运行。在C点,牵引开始减速,至D点或稍提前停止。从C位降开始作加速运行,到D处降加速停止。以其末速作匀速下降,到E处开始减速。在F点下降停。此时副塔自动起动,向需要的方向运行至置位后停。最后料罐以低速向仓面下降至G点停。在G处等待遥控卸料或手动卸料。吊罐卸料之后,遥控或手动回程起步。返回时上升开始加速(可达最高速度)至D点,到D点开始减速。其余运行按重载运行的逆过程返回。

上述轨迹是假设装料平台内均能装料而设置的副塔运行时段。若装料点是固定点(小区域),则要增加副塔返回的时段。

2、卸料位置:每一仓位设定一个基点,在首次运行前由外设来进行设置。其后各车料按设置好的卸料点,自动控制到位。每一卸料点要卸几车也事先设置好。仓面的卸料点暂设为图14和图15所示。卸料依序号1、2、3、4、……进行。要指出的是卸料点的布置,只有在仓位座标给出后,根据施工要求而定。

本控制系统运行轨迹是用距离控制为主来实现的。在图12(吊罐运行轨迹图)上,A、B、C、D、E、F、G均是用距离来控制,其单位为米。也就是说,以传感器送来的信号为依据来实现。

本实施例中, $R=308$ 米,坝的高程为180米拱砬坝,该实施范例实测的结果是:单位:厘米

$$F_L \text{ 的误差 } \Delta F_L = 3.0$$

$$F_0 \text{ 的误差 } \Delta F_{0\max} = 4.8$$

$F_P$ 的误差 $\Delta F_{Pmax} = 4.9$

$S_S$ 的误差 $\Delta S_S = 5.9$

$S_{PS}$ 的误差 $\Delta S_{PP} = 5.1$

由此可见自动控制精度高。 $F_0$ 、 $S_S$ 为满载时的误差， $F_P$ 、 $S_{PS}$ 为空罐的控制精度， $F_L$ 既有空罐又有满罐的运行精度，满载时为20吨砣，运输稳定、不摇摆，运输速度比人工操作快64%以上，节省人力50%，提高了砣浇筑质量，提高生产效率。



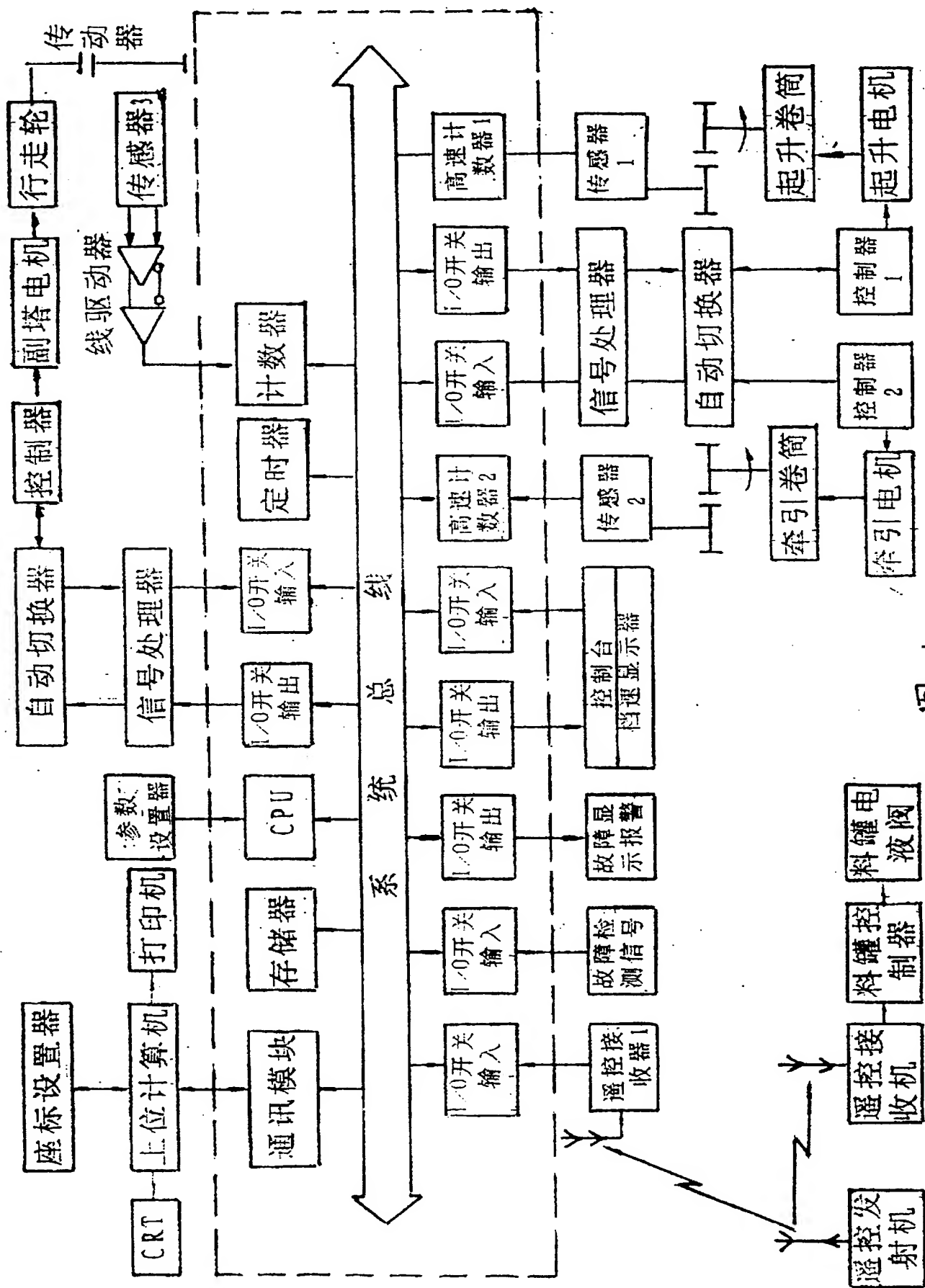


图1

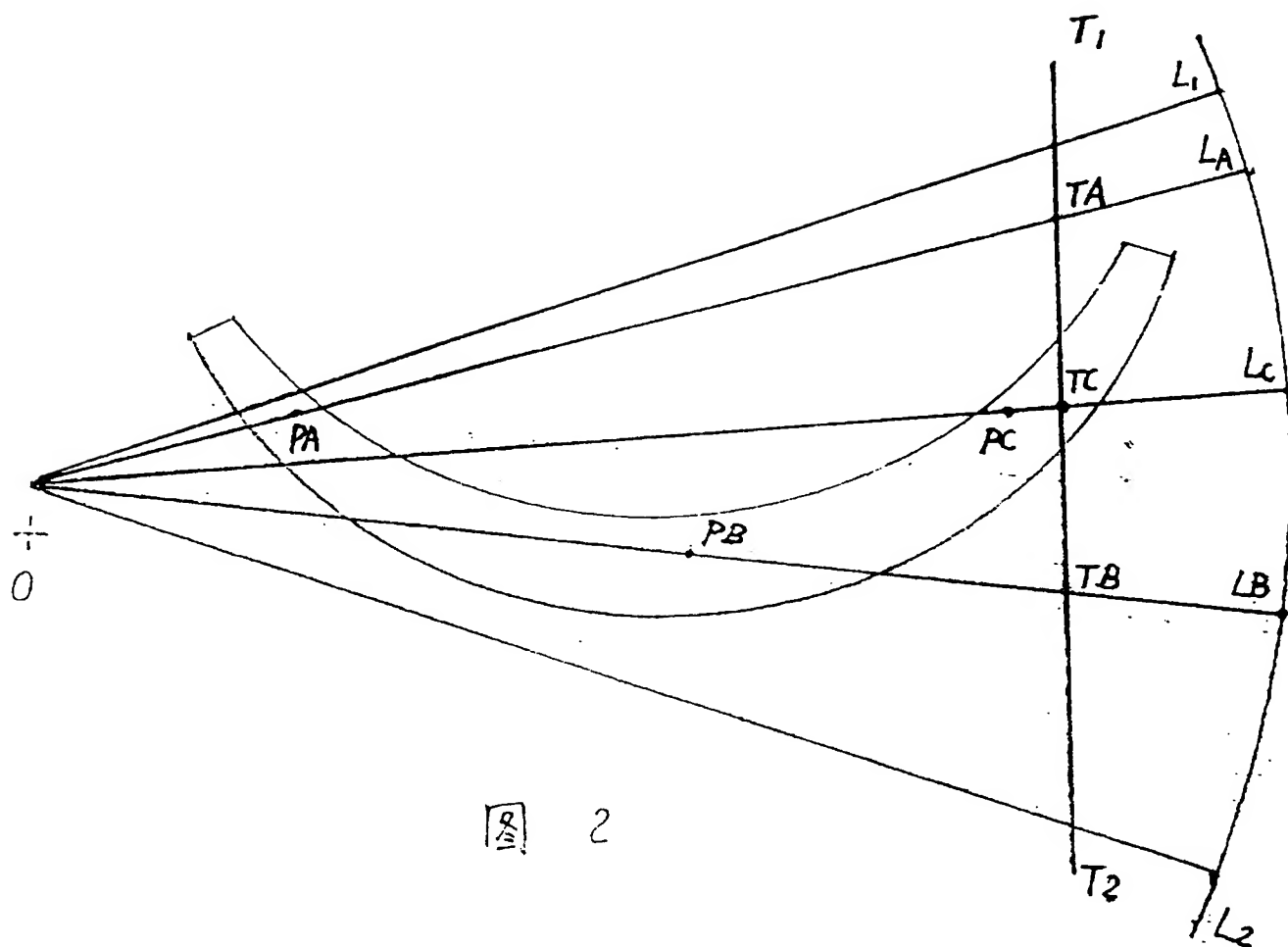


图 2

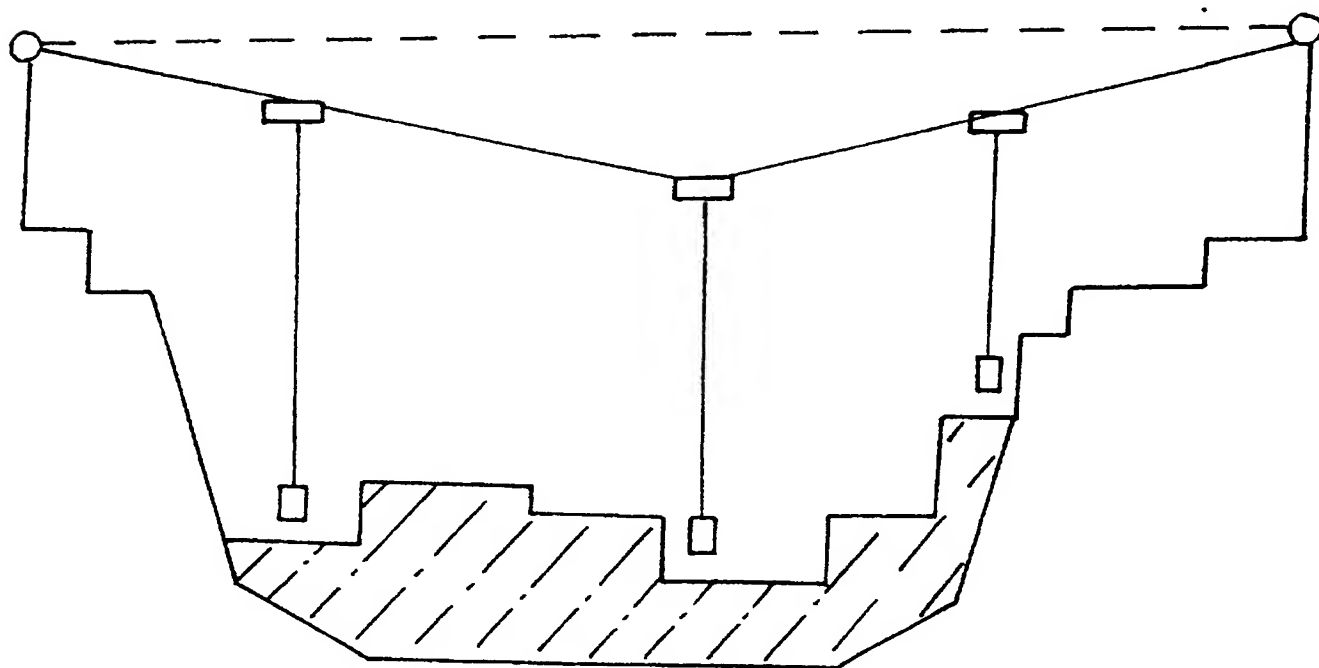


图 3

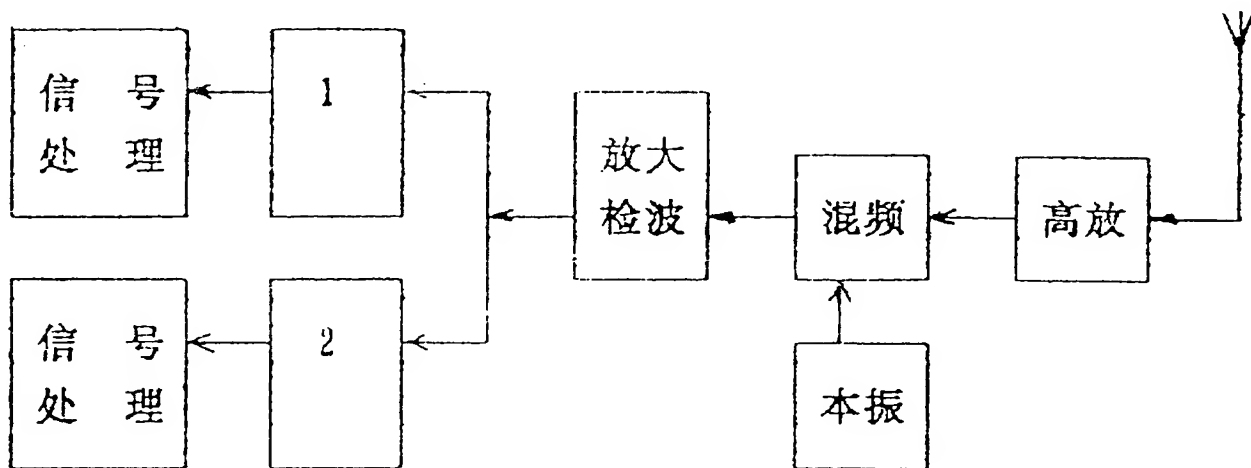


图 4

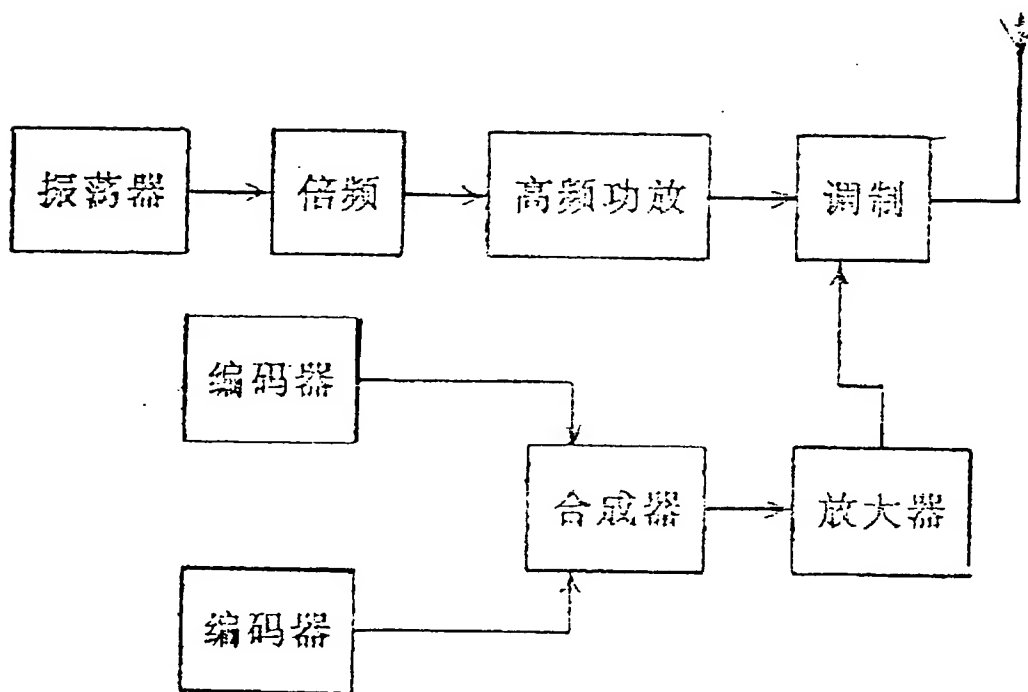


图 5

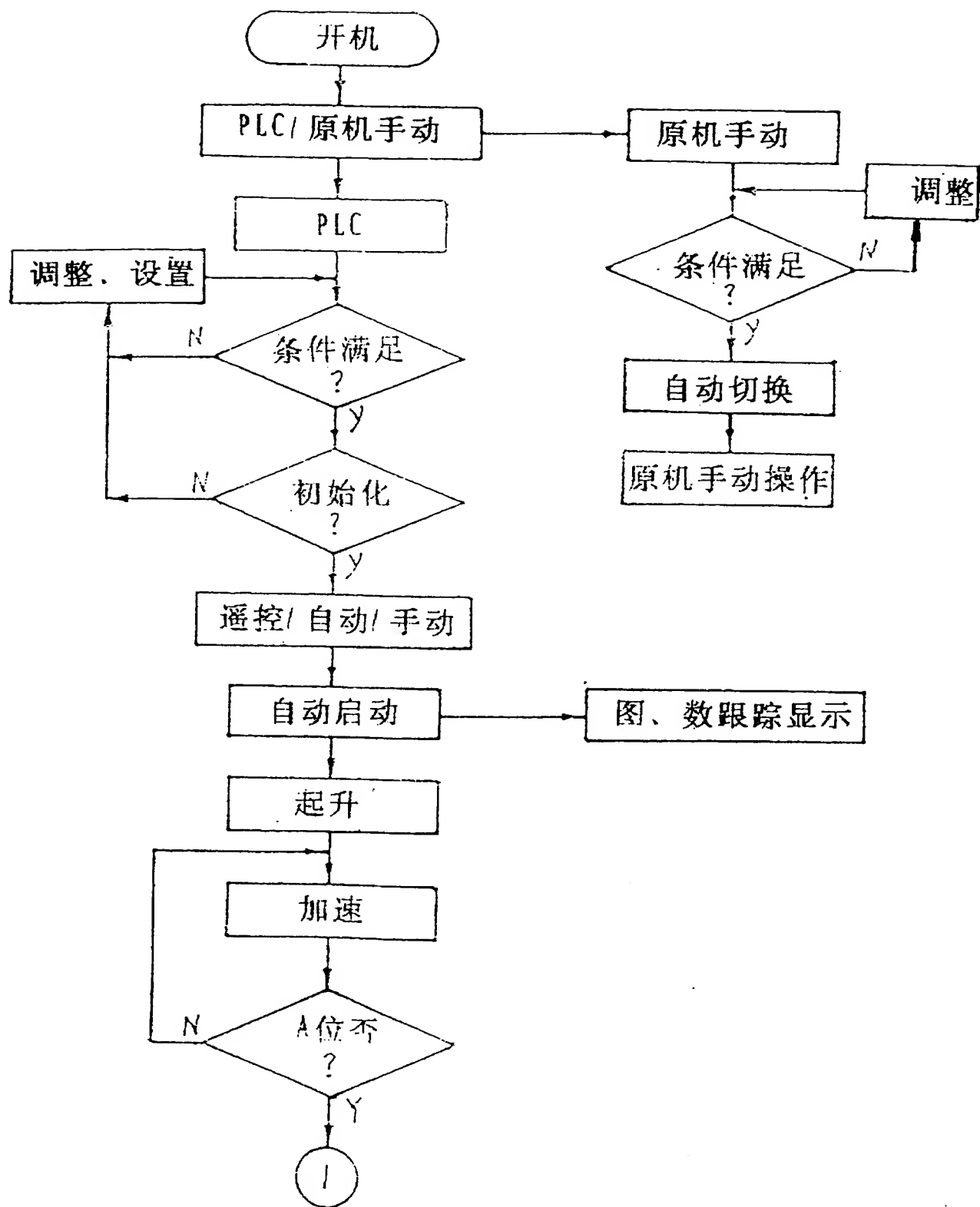
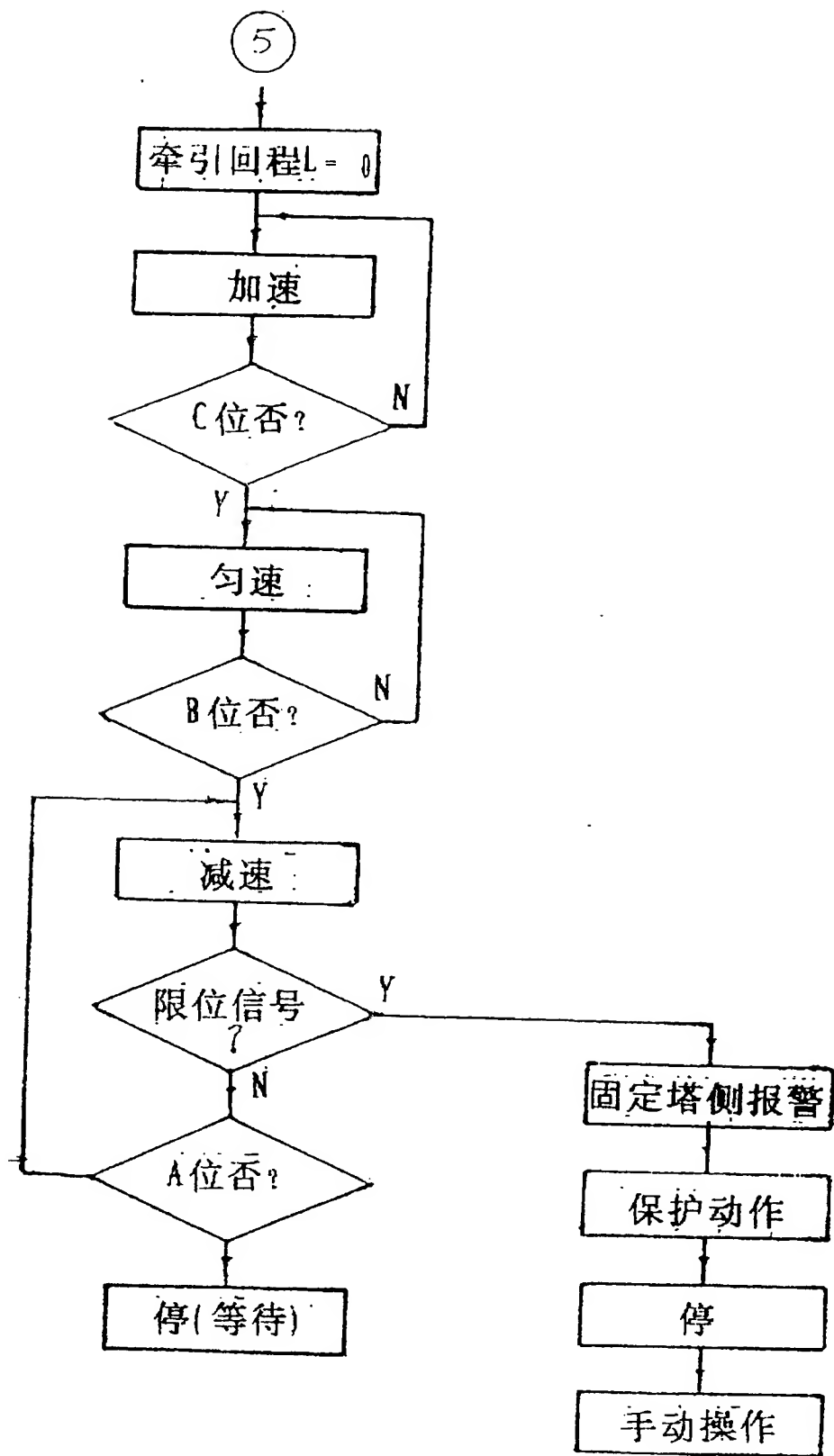
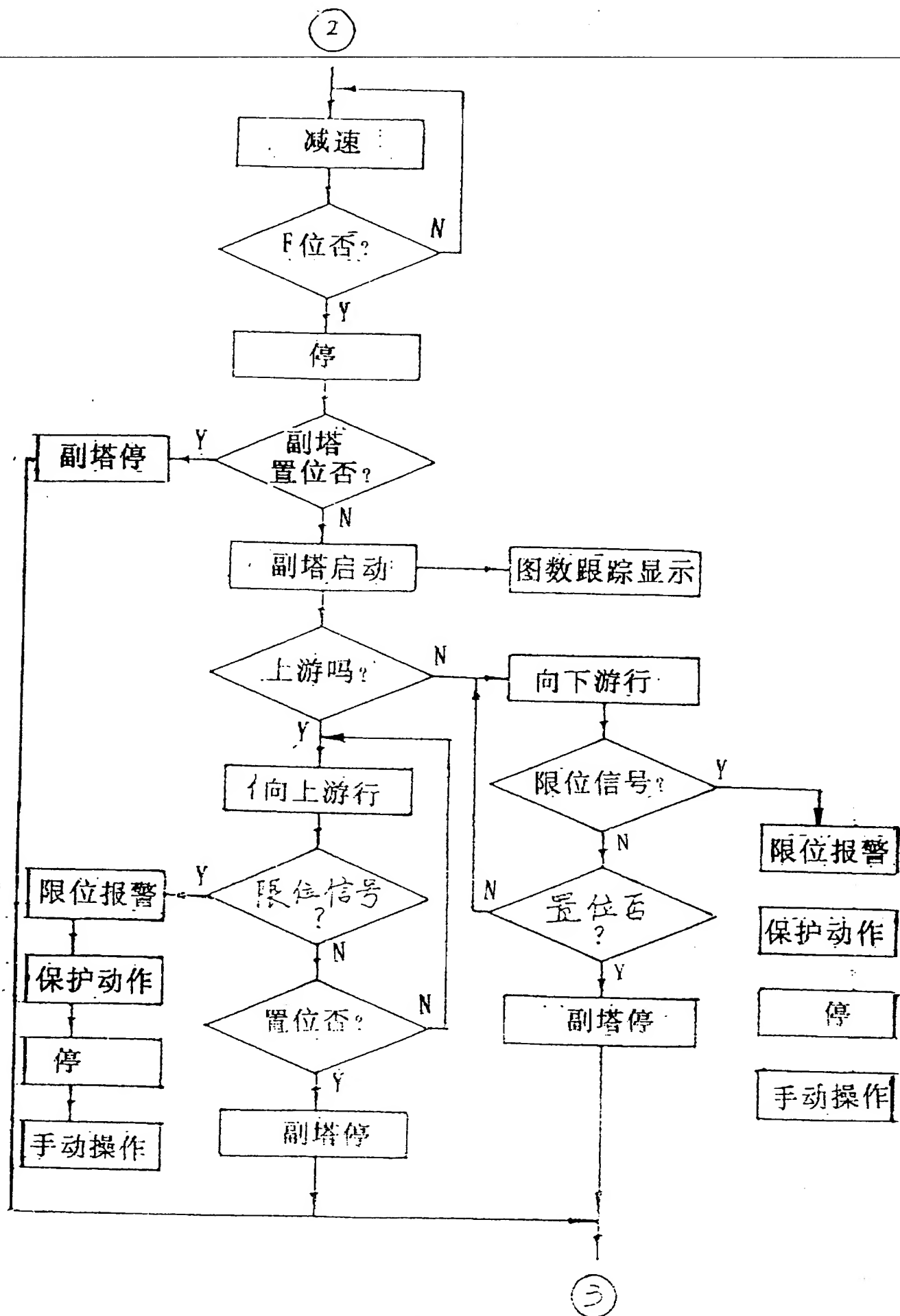
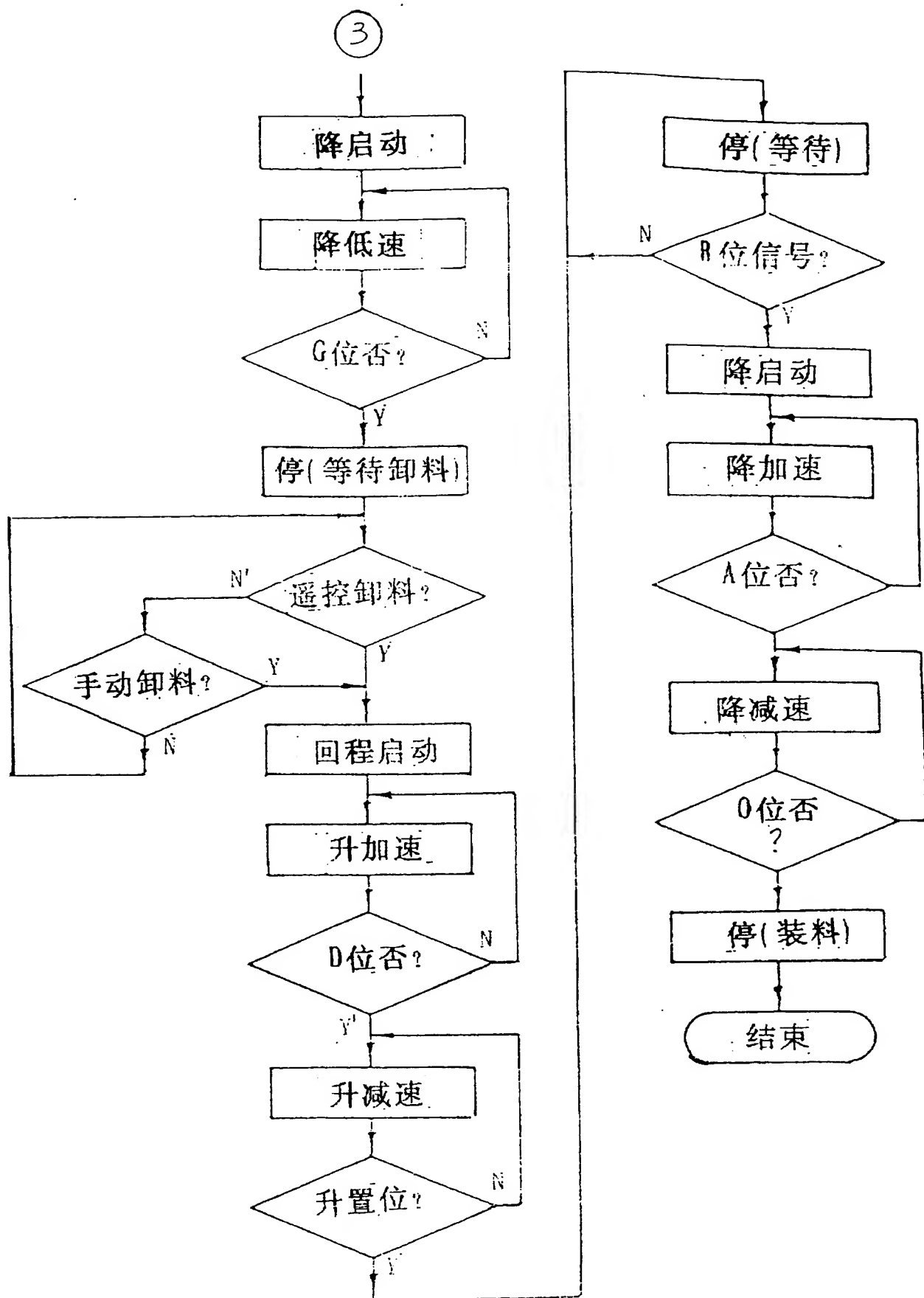


图 6











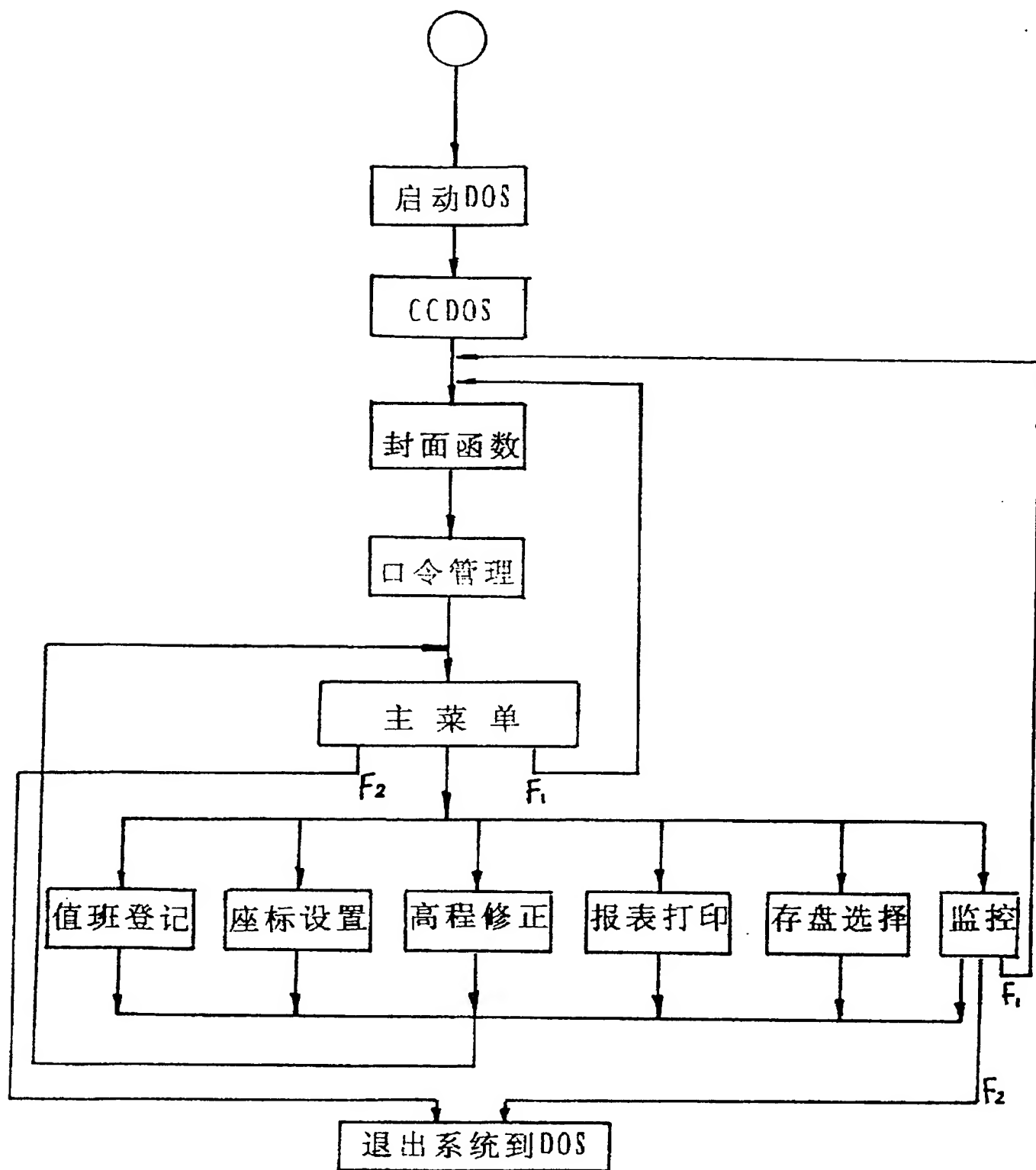


图 7

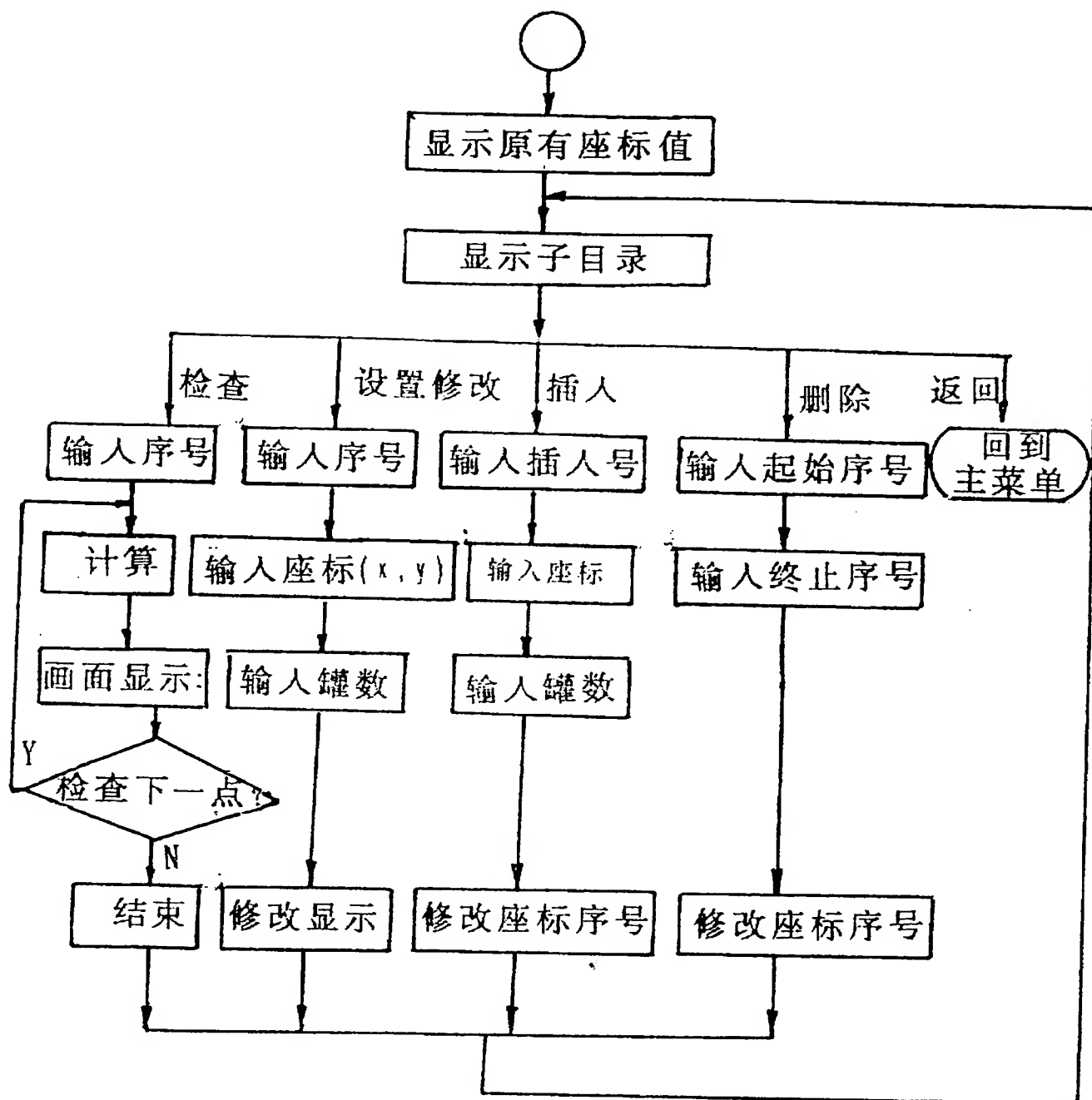


图 8

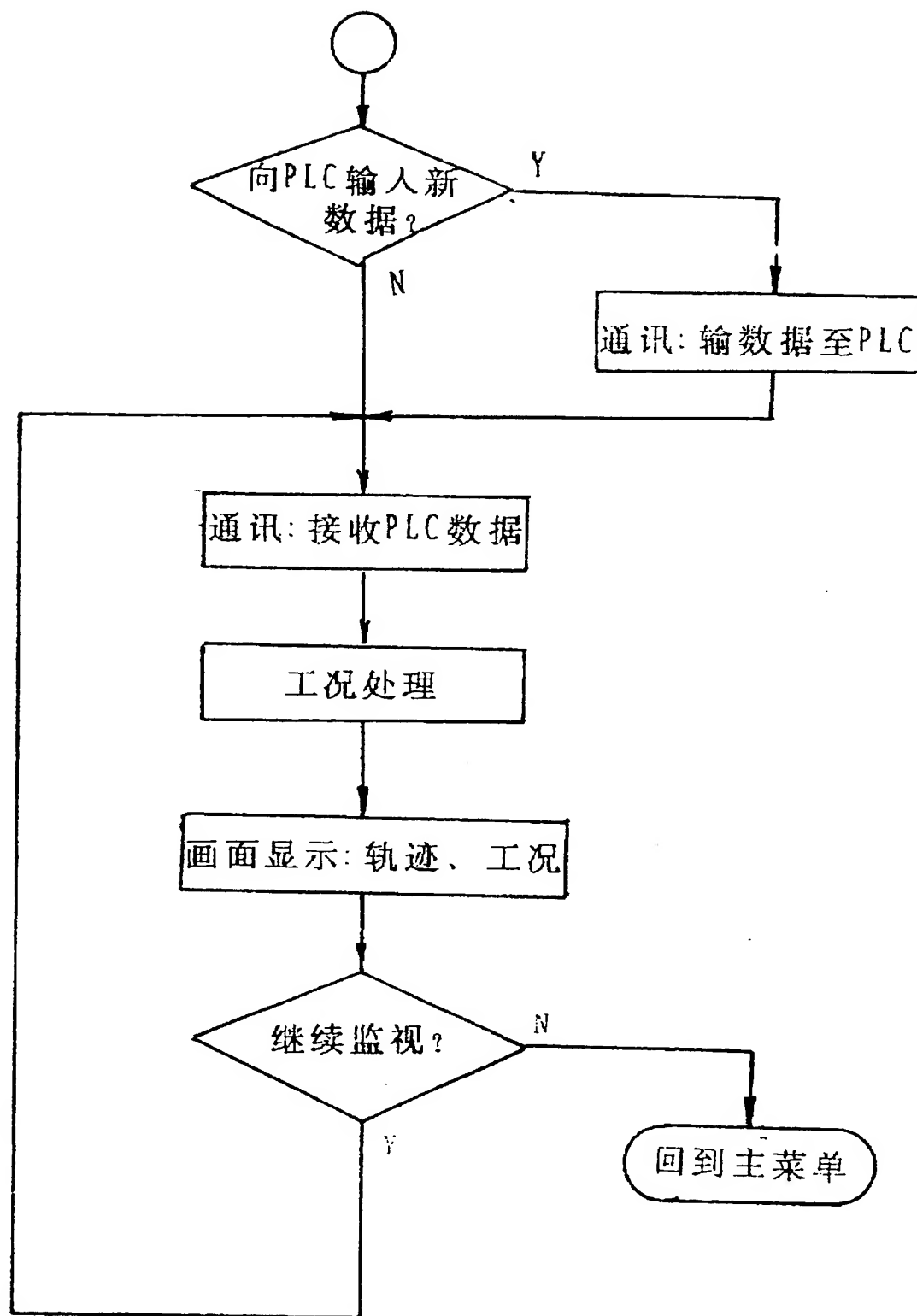


图 9

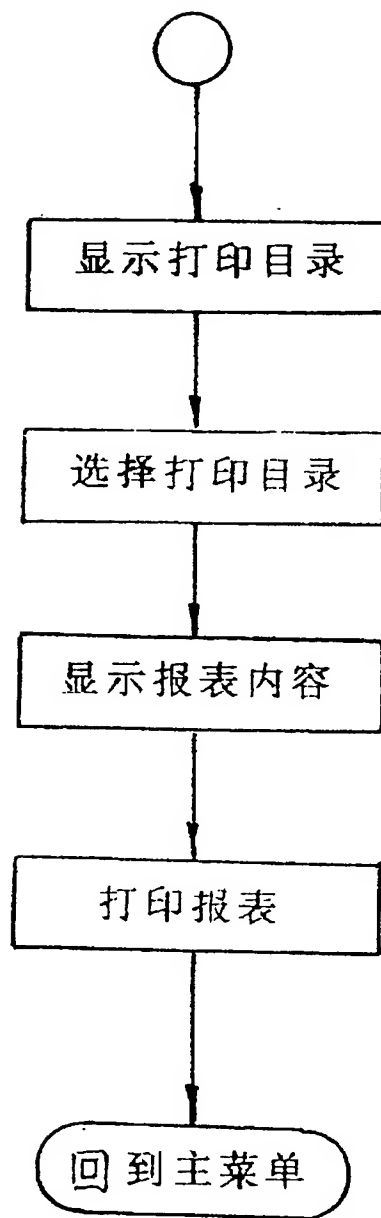
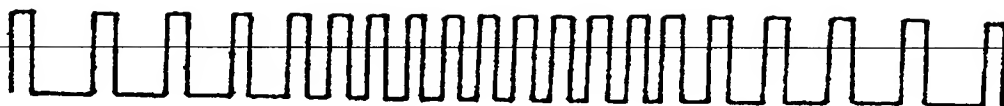


图 10

传感器信号



设定距离信号



牵引运行速度

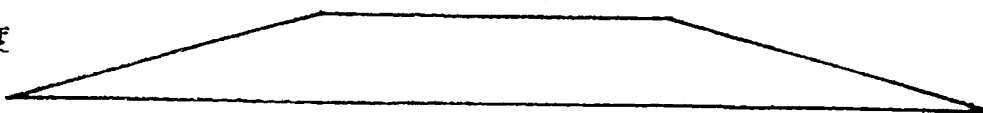


图 11

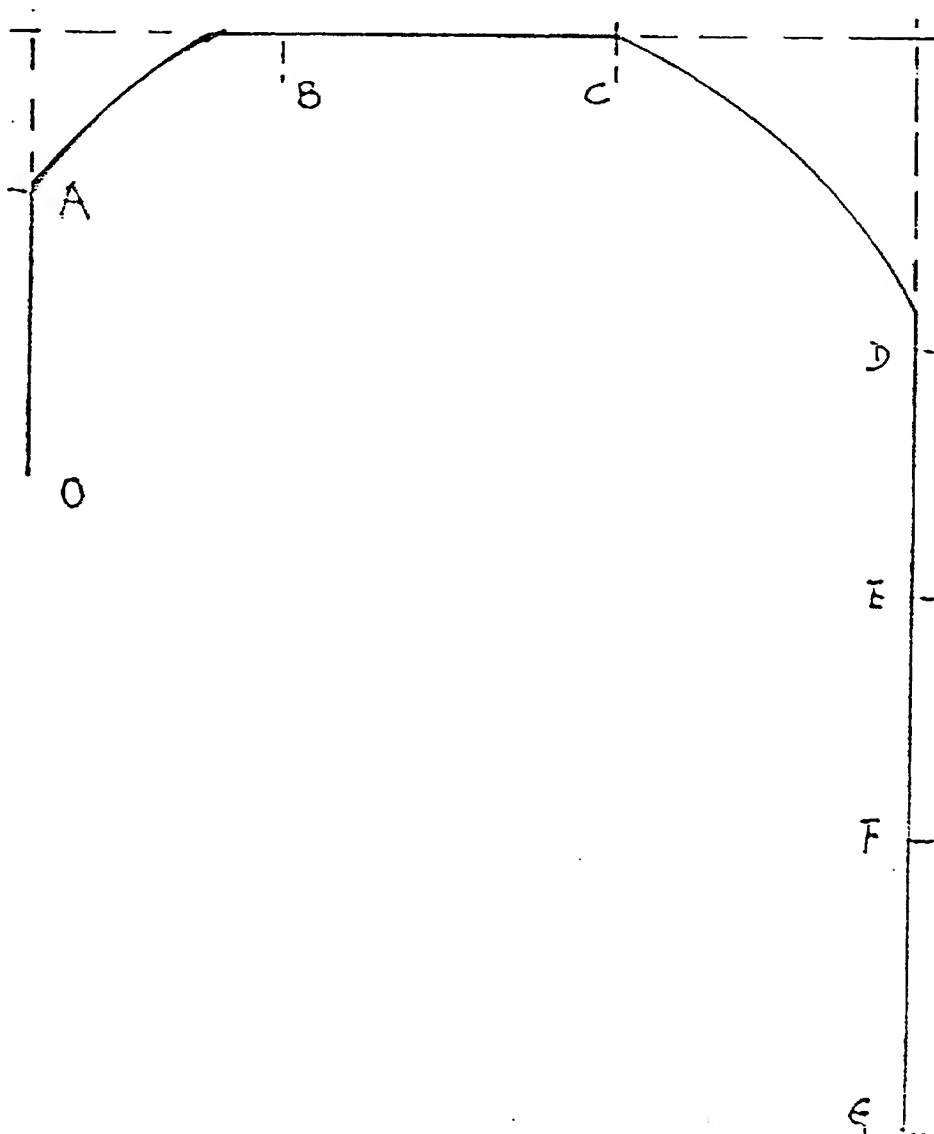


图 12

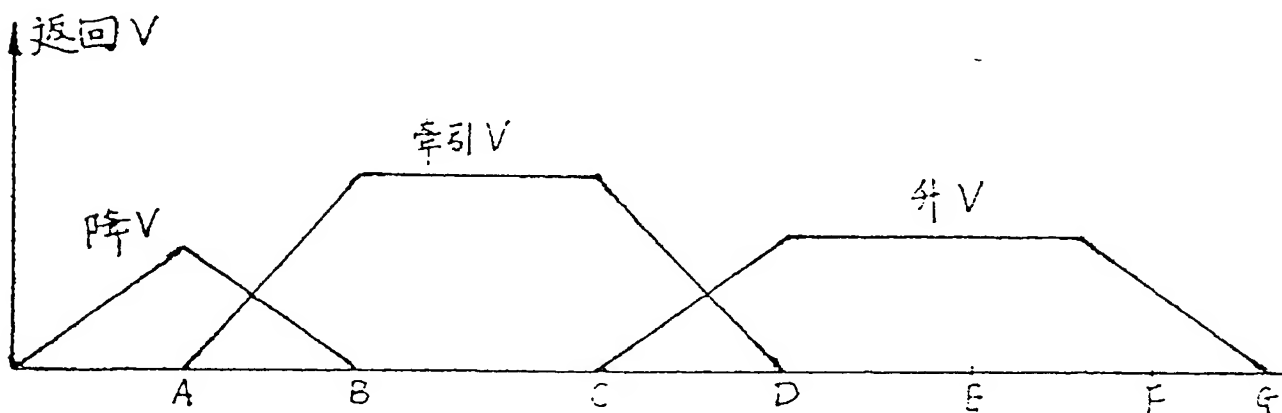
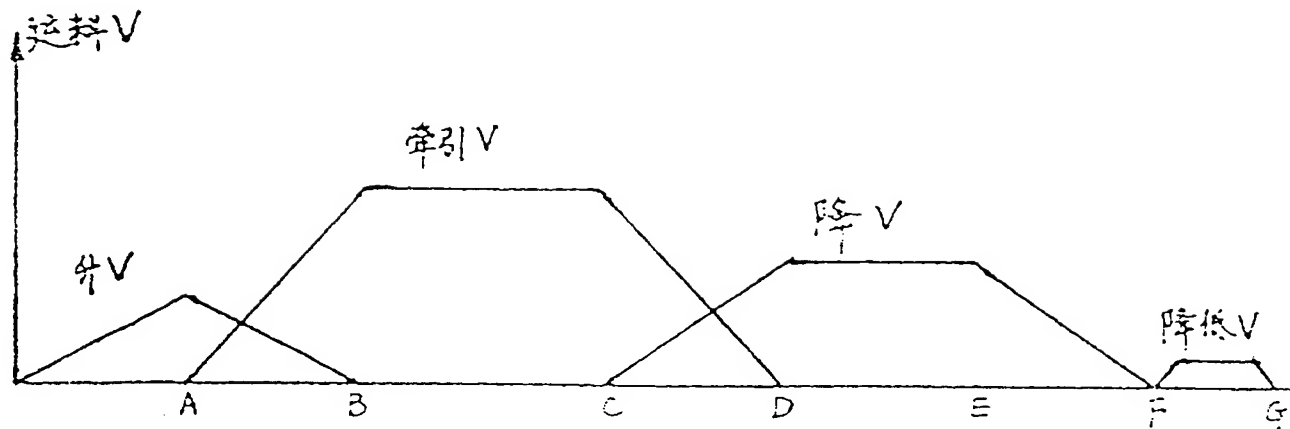


图 13

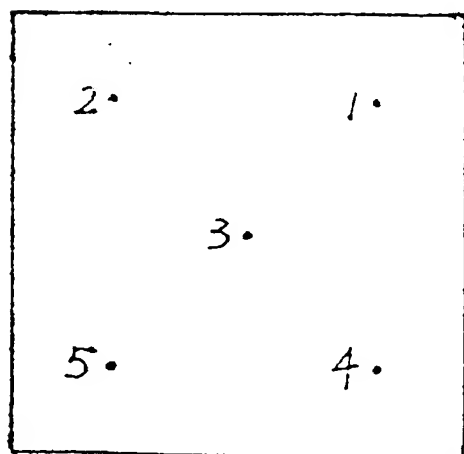


图 14

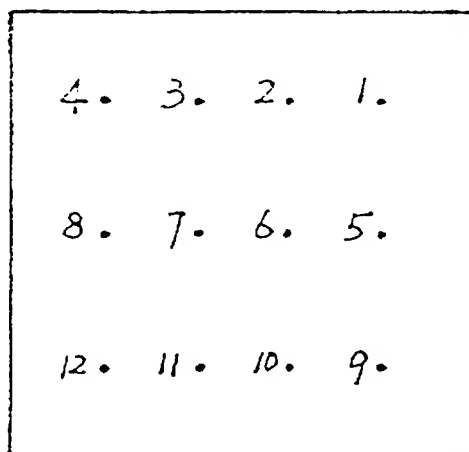


图 15

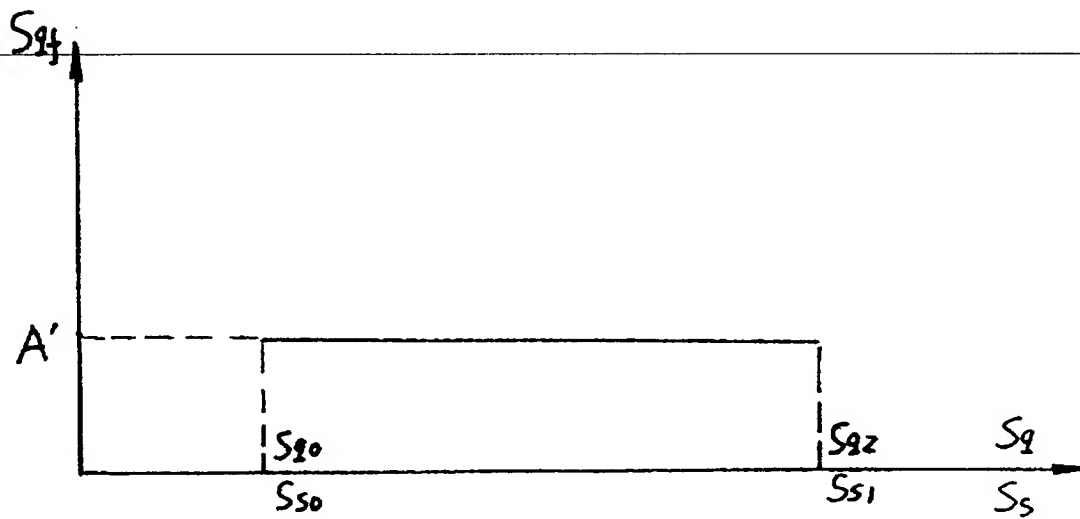


图 16

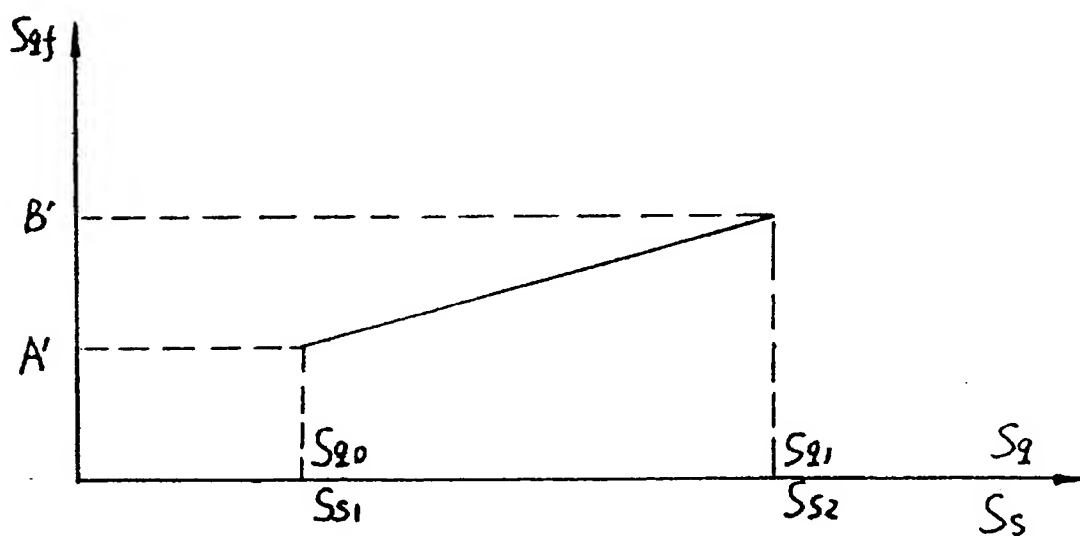


图 17

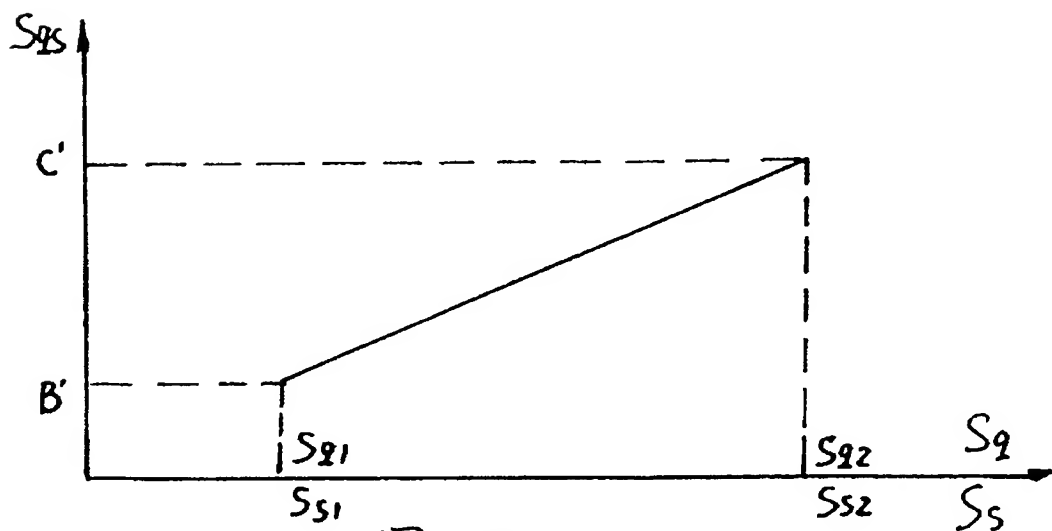


图 18

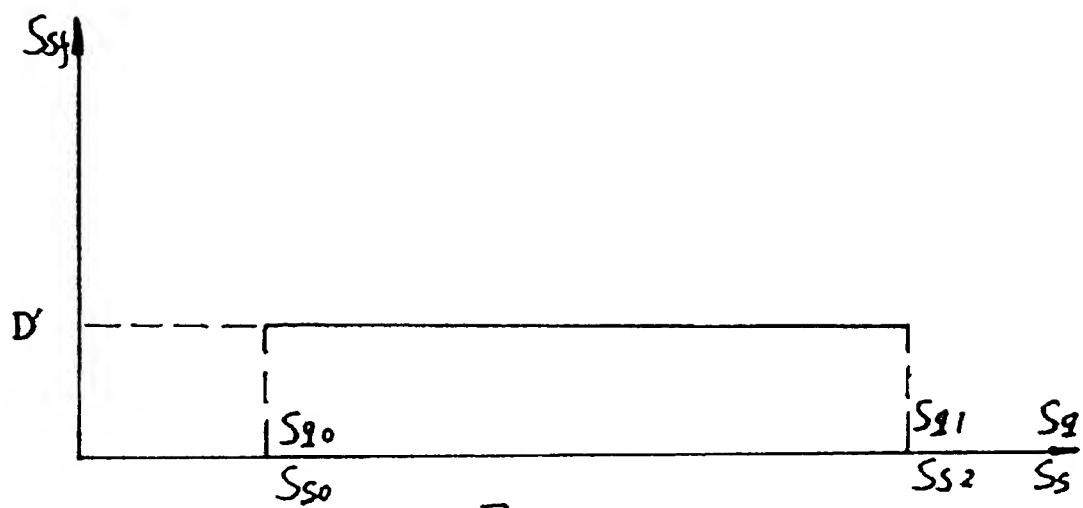


图 19

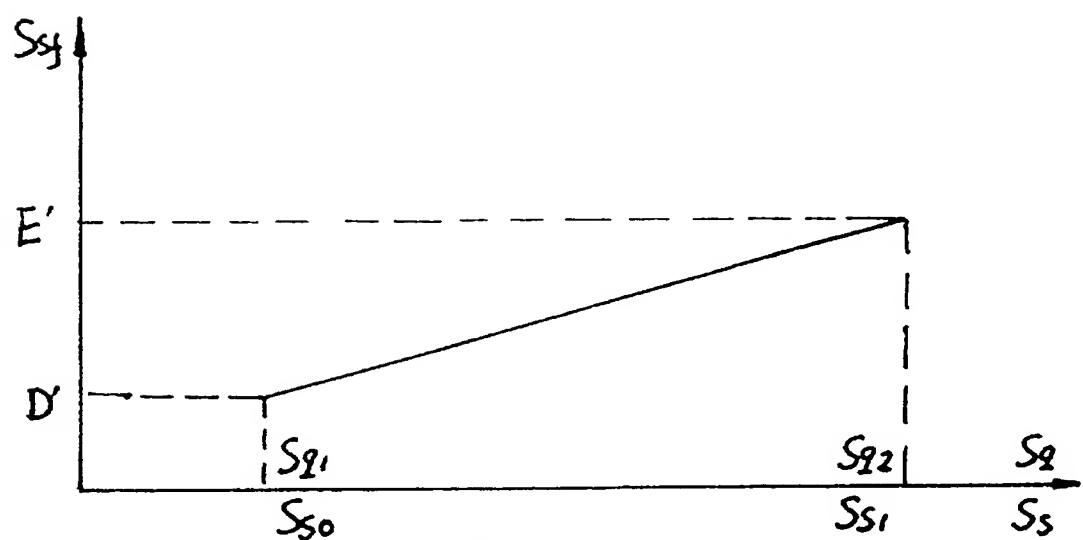


图 20

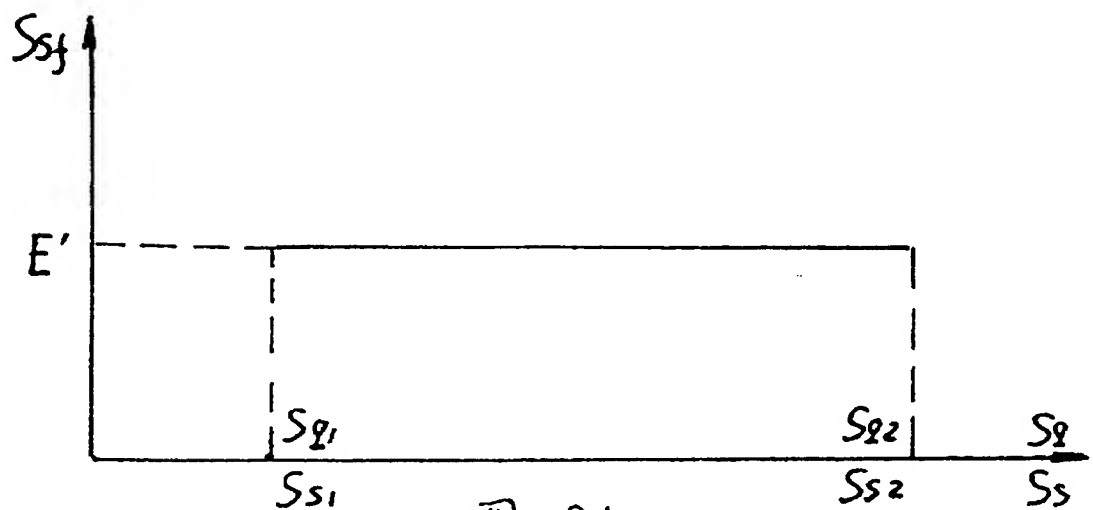


图 21